

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ ВОДОРОДА НА ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ВТ23*

Мамонтова Н.А, Шалин А.В, Курышев Е.А.

Руководитель – профессор, д.т.н. Скворцова С.В.

ФГБОУ ВПО «МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского», г. Москва

natalie.mamontova@yandex.ru

Настоящая работа посвящена изучению влияния дополнительного легирования водородом на фазовые и структурные превращения в сплаве ВТ23. Установлено, что введение в титановый сплав ВТ23 0,2 % водорода приводит к снижению температуры A_{c3}^H до 870°C; 0,4 % Н – до 810°C; 0,6 %Н – до 790°C. Построена диаграмма «фазовый состав – концентрация водорода – температура наводороживания», показывающая влияние содержания водорода и температуры наводороживания на фазовый состав сплава при нормальной температуре.

Известно, что термоводородная обработка (ТВО), основанная на обратимом легировании водородом и включающая в себя наводороживающий отжиг, термическую обработку и дегазацию, является эффективным способом управления структурой и комплексом механических свойств титановых сплавов.

Ранее группой авторов [1,2] были построены диаграммы, показывающие изменение фазового состава в зависимости от содержания водорода и температуры нагрева под закалку титановых сплавов, предварительно наводороженных в β -области. Кроме того установлено, что при неполном $\alpha \rightarrow \beta$ -превращении под действием водорода происходит перераспределение легирующих элементов и количеств алюминия в α -фазе, что приводит к протеканию упорядочения с её микрообъемах и образование α_2 -фазы [3].

В данной работе были исследованы закономерности формирования фазового состава и структуры в титановом сплаве ВТ23 под действием растворенного водорода, когда наводороживающий отжиг заканчивался как в β -, так и в $(\alpha+\beta)$ -области.

Исследования проводили на плите из сплава ВТ23, полученной по промышленной технологии. Химический состав соответствовал ГОСТ 19807-91. Предварительно заготовку размером 100×200×20 мм отжигали в вакууме при температуре 840°C в течение 3 часов. Затем заготовку разрезали на образцы размерами 12×12×12 мм, которые наводороживали в установке Сивертса до концентраций 0,2;0,4;0,6;0,8 и 1,0% по массе при температурах 650...900°C с шагом 50°C.

Заготовка из сплава ВТ23 с исходным содержанием водорода была отожжена в вакууме при температуре 840°C в течение 3 часов, что позволило

сформировать в ней равновесную структуру, близкую к глобулярной (рис.1а). Температура A_{c3} сплава, определенная методом пробных закалок, составляла 970°C . Известно, что водород является сильным β -стабилизатором и понижает температуру полиморфного превращения (A_{c3}), расширяя область существования β -фазы. Так, введение 0,2 % водорода приводит к снижению температуры A_{c3} до 870°C , 0,4 % Н до 810°C , 0,6 %Н до 790°C . Дальнейшее увеличение содержания водорода практически не изменяет данную температуру (рис.2). Наводороживающий отжиг в двухфазной области до 0,2 % водорода приводит к увеличению в структуре количества β -фазы. Наводороживание при температурах 700 и 750°C до концентраций свыше 0,4% водорода способствует увеличению содержания алюминия в α -фазе и образованию упорядоченных микрообъемов, по химическому составу соответствующих α_2 -фазе, наличие которых подтверждается появлением сверхструктурных рефлексов на дифрактограммах (рис. 1б,в).

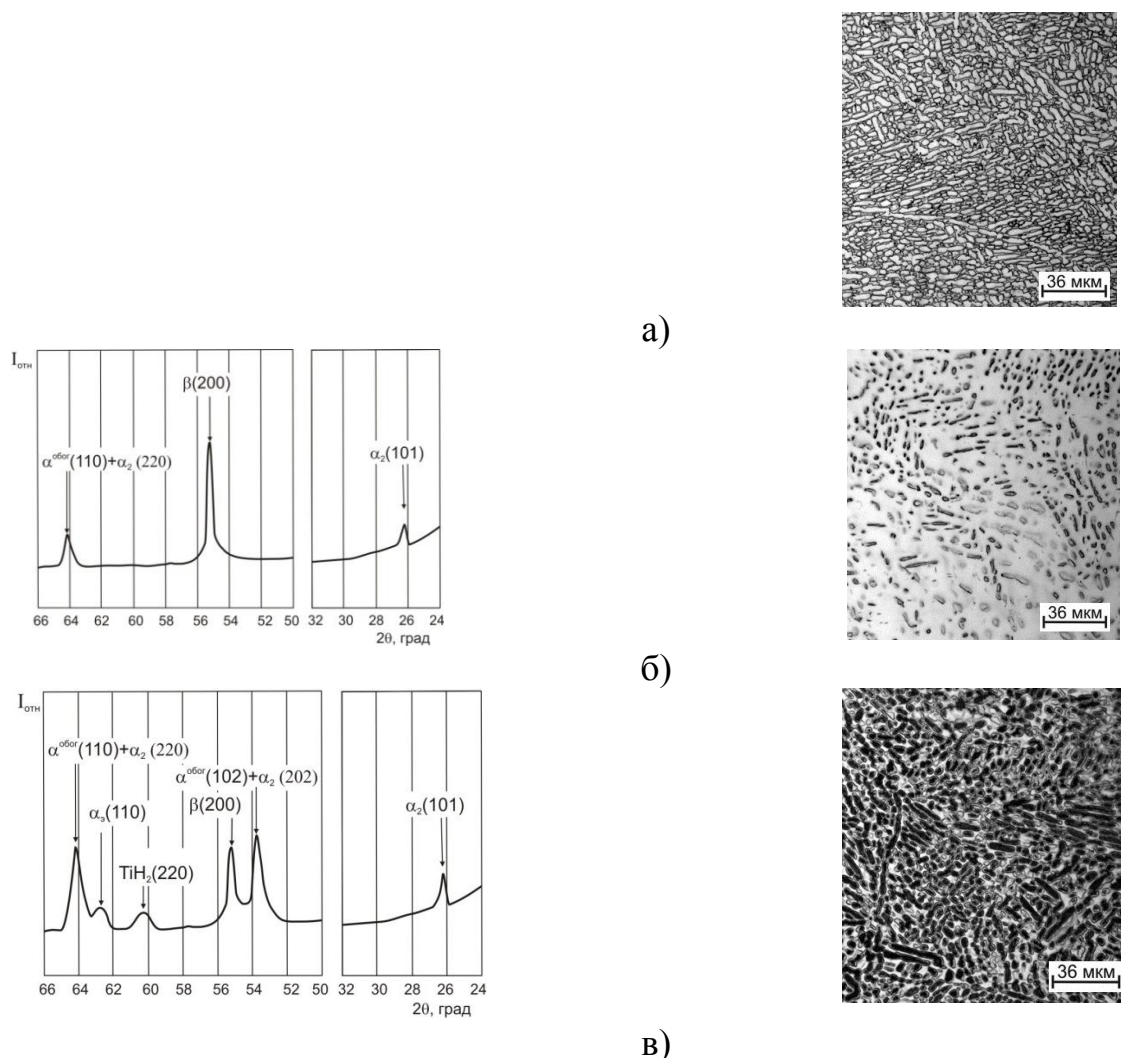


Рисунок 1 Участки дифрактограмм и микроструктура титанового сплава ВТ23 в исходном состоянии (а) и после наводороживающего отжига при температурах 750°C до 0,6 %Н (б) и 650°C до 0,8 %Н (в)

При концентрациях водорода более 0,7% пересыщенная водородом β -фаза становится нестабильной по отношению к гидриду, и в процессе охлаждения частично происходит распад с образованием смеси ($\alpha_2 + \delta$) (рис 1 в).

Проведенные исследования позволили построить диаграмму «фазовый состав – концентрация водорода – температура наводороживания» для сплава ВТ23 (рис. 2).

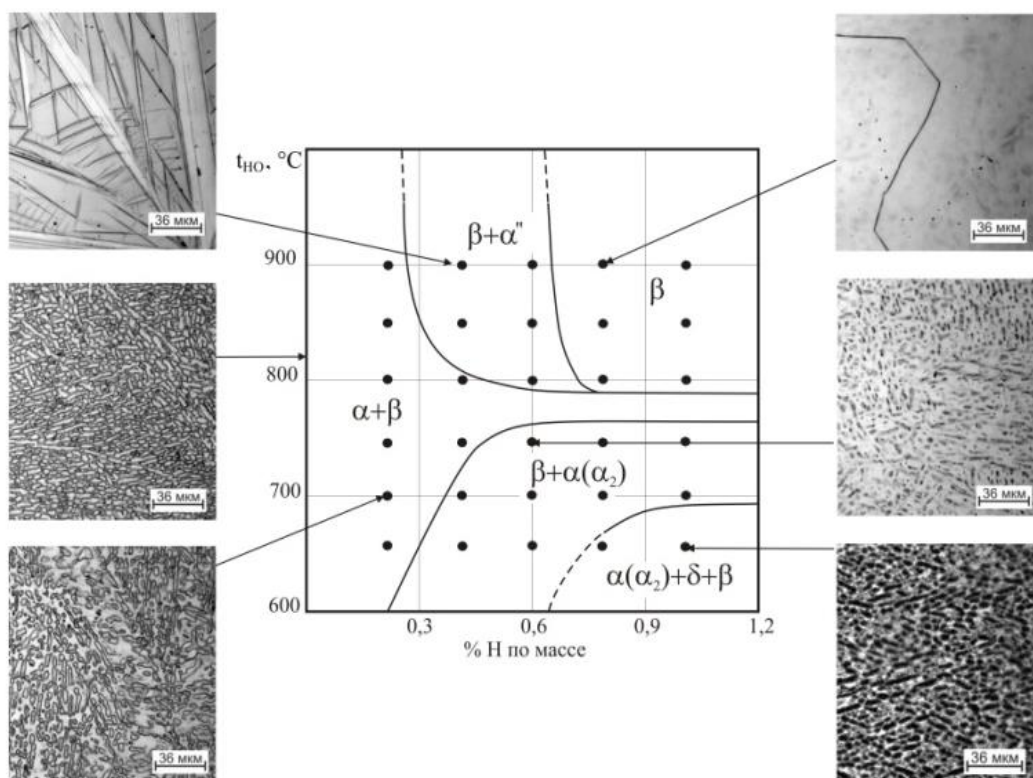


Рисунок 2 Диаграмма «фазовый состав – концентрация водорода – температура наводороживания» для сплава ВТ23 и характерные микроструктуры для различных температурно-концентрационных условий наводороживания

Таким образом, изменение содержания водорода в сплаве в широком диапазоне температур наводороживающего отжига, позволяет изменить фазовый состав и структуру сплава ВТ23.

На основании проведенных исследований построена температурно-концентрационная диаграмма для системы «сплав ВТ23 – водород».

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ, проект № 13-03-12201 с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии» МАТИ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. – М.: Наука, 1994. – 304 с.
2. Ильин А.А. Водородная технология титановых сплавов/ А.А. Ильин, Б.А. Колачев, В.К. Носов, А.М. Мамонов; Под общ. редакцией чл.-корр. РАН А.А. Ильина. – М.: «МИСиС», 2002. – 392 с
3. Ильин А.А., Михайлов Ю.В., Носов В.К., Майстров В.М. Влияние водорода на распределение легирующих элементов между α - и β -фазами в титановом сплаве ВТ23 // Физико-химическая механика материалов. 1987. Т.23, № 1. С.112-114.